

FLUORESZENZUNTERSUCHUNGEN IM SZEGEDER INSTITUT FÜR EXPERIMENTALPHYSIK

Von

J. DOMBI

Institut für Experimentalphysik der Attila-József-Universität, Szeged

(Eingegangen am 7. Januar 1971)

Die Arbeit überblickt die im Institut für Experimentalphysik der Universität Szeged durchgeführten Forschungen über Molekularlumineszenz. Im Literaturverzeichnis sind die diesbezüglichen Publikationen zusammengestellt.

Die Lumineszenzforschungen im Institut für Experimentalphysik der Universität Szeged können nunmehr auf eine Vergangenheit von fast einem halben Jahrhundert zurückblicken. In 1925 erschien aus der Feder von Prof. Paul FRÖCHLICH die erste wissenschaftliche Mitteilung über Lumineszenzforschungen im Institute, die die Abhängigkeit des Polarisationsgrades des Fluoreszenzlichtes organischer Farbstofflösungen von der Wellenlänge des Erregungslichtes zum Gegenstand hatten. Dieser Themenkreis erregte das Interesse der Mitarbeiter des Institutes, das damals noch aus einer nicht zu großen Anzahl von Wissenschaftlern bestand, was zu wertvollen, in Monographien auch heute noch zitierten Ergebnissen der fortgesetzten Forschungen führte, hauptsächlich bezüglich der Absorption, Fluoreszenz- und Phosphoreszenzemission von Gelatine-Farbstoffphosphoren, deren Temperaturabhängigkeit, sowie des Polarisationsgrades, der Wirkung der Vorerregung, der Orientation der Farbstoffmoleküle usw.

Infolge des zweiten Weltkrieges verlor das Institut einen Großteil der für den Unterricht und für die Forschungsarbeit nötigen Ausrüstung, was die Möglichkeit der Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten auf ein Minimum beschränkte.

Nach dem Tode Paul FRÖCHLICHs in 1949 übernahm die Leitung des Institutes Prof. Ágoston BUDÓ, dem es mit seiner noch immer kleinen, aber begeisterten Mitarbeitergruppe gelang, die notwendigsten Voraussetzungen der Forschungsarbeit wiederherzustellen: es wurden Emissions- und Absorptions-Meßeinrichtungen von den wissenschaftlichen Ansprüchen genügender Genauigkeit, danach auch Apparate zur Messung des Polarisationsgrades erbaut [10].

Die von neuem beginnenden Forschungen wurden von der Ungarischen Akademie der Wissenschaften unterstützt. Ende der fünfziger Jahre wurde — zum Teil aus von der Akademie angestellten Forschern und Hilfskräften — die „Forschungsgruppe für Fluoreszenz und Halbleiter der Ungarischen Akademie der Wissenschaften“ gebildet. Die Forschungsgruppe wirkt in engster Zusammenarbeit mit dem Institute, dementsprechend wird sie von dem Direktor des Institutes geleitet.

In der Nachkriegsperiode brachten die ersten bedeutenderen Publikationen neue Resultate bezüglich der Wechselwirkungen zwischen den Molekülen, des Charakters der Emissions- und Absorptionsübergänge, auf Grund experimenteller Untersuchungen über die Konzentrationsdepolarization und Lumineszenzpolarisation [1, 2]. Danach war das Ziel der Forschungsarbeiten vor allem die Bestimmung der wahren oder inneren Fluoreszenzcharakteristiken aus den unmittelbar gemessenen oder äußeren Charakteristiken. Infolge der Reabsorption, sowie der dadurch verursachten sekundären Fluoreszenzemission (bzw. solcher höherer Ordnung) sind die äußeren Charakteristiken auch von den geometrischen Abmessungen der untersuchten Präparate abhängig, und können daher nicht unmittelbar als Grundlagen für Betrachtungen über die emittierenden Moleküle und die sich in diesen abspielenden Vorgänge benützt werden.

Die Wirkungen der sekundären Fluoreszenz ließen sich auf Grund der ausgearbeiteten phänomenologischen Theorie — mittels einer verhältnismäßig komplizierten Rechnung — quantitativ berücksichtigen bzw. konnten, was noch wichtiger ist, die Bedingungen angegeben werden, unter denen diese Wirkung zu vernachlässigen ist [4, 5, 6, 8, 17]. Diese Theorie ermöglichte eine prinzipiell genauere Bestimmung der Fluoreszenzcharakteristiken [3, 7, 9, 78] und auf Grund der letzteren konnten mehrere ungelöste Probleme (so z. B. die sich in gewissen Fällen ergebende Quantenausbeute > 1) geklärt bzw. die Verfeinerung oder Modifizierung zahlreicher Theorien durchgeführt werden [11, 14, 15, 16, 20, 33, 37, 85, 87, 95].

Den theoretischen Untersuchungen parallel wurden auch die Meßeinrichtungen systematisch entwickelt und modernisiert, was auch das Lösen verschiedener medizinischer und industrieller Probleme mittels Lumineszenzanalyse ermöglichte [12, 13, 18, 19, 90, 97, 99, 118].

Eine Verallgemeinerung der STEPANOWSchen Relation zwischen Absorptions-, Emissions- und Temperaturstrahlungs-Spektren ergab weitere Möglichkeiten zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Spektren, was zu mehreren, sehr interessanten Erkenntnissen führte, wie z.B. zur Deutung des anti-Stokesschen Abfalles der Ausbeutefunktion mittels des erwähnten Zusammenhanges [22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 38, 39, 41, 42, 43, 48, 50, 52, 53, 54, 58, 59, 62, 63, 65, 81, 106].

Nach der Klärung der Gesetzmäßigkeiten der Sekundärfluoreszenz bzw. des Energieüberganges mit Strahlung ergab sich von selbst als Forschungsthema die Untersuchung des Mechanismus des strahlungslosen Energieüberganges. Den ersten diesbezüglichen Resultaten zufolge gelang es, die Resonanz-Energieübertragung auf Grund der klassischen Quantentheorie sehr anschaulich zu behandeln; im Falle der Löschung durch absorbierende Fremdstoffe läßt sich der Energieübergang durch bloß zwei Parameter charakterisieren, die auf die Fluoreszenzcharakteristiken der Lösungen zurückgeführt werden können. Die Zusammenhänge zwischen diesen beiden Parametern, den Lumineszenzcharakteristiken und den Häufigkeiten der sich in den Molekülen abspielenden elementaren Prozesse ermöglichten die Bestimmung dieser Häufigkeiten. Durch experimentelle Untersuchungen bezüglich der Energiewanderung wurde die Theorie bestätigt; auf Grund älterer Theorien erhaltene Gesetze konnten ergänzt und ihre Gültigkeit auf größere Gebiete erweitert werden (so bezüglich der Konzentrationsdepolarisation, der Rolle der Torsionsvibrationen in der Depolarisation, der Konzentrationsabhängigkeit der Spektren von Mischlösungen usw. [21, 27, 30, 34, 38, 44, 45, 46, 49, 51, 55, 68, 69, 79, 82, 83, 88, 96, 98, 102, 115, 116]).

Die Erforschung der Wechselwirkung zwischen erregten Molekülen war das Ziel der Untersuchungen über Gesetzmäßigkeiten der Fremdlöschung durch nicht-absorbierende Stoffe, wodurch wertvolle Resultate bezüglich des Charakters des Mechanismus des Prozesses und des Auftretens der lokalen Wärme erreicht wurden. Diese führten zur Erkenntnis der feineren Gesetzmäßigkeiten des Löschprozesses [28, 35, 36, 47, 56, 60, 64, 70, 80, 109].

Systematische Untersuchungen der Forschungsgruppe bezüglich der Abhängigkeit der Ausbeute von der Erregungswellenlänge wiesen gewisse Abweichungen vom sogenannten WAWILOWschen Gesetz nach. Betrachtungen in diesem Themenkreis auf Grund des Entropiegesetzes stellten eine prinzipielle obere Schranke für die Ausbeute sowohl im Stokesschen als auch im anti-Stokesschen Gebiet fest, die durch Messungen an einer Reihe von Stoffen bestätigt wurden. Diese Untersuchungen wurden am Internationalen Lumineszenz-Kongress in Budapest mit sehr regem Interesse verfolgt. Zur Entscheidung noch offener Fragen in Verbindung mit den anti-Stokesschen Abfall der Ausbeutefunktion wurde eine Methode für die genaue Bestimmung der Ausbeute und der Ausbeutefunktion von Lösungen extrem geringer Konzentrationen ausgearbeitet und eine Meßeinrichtung zur Anwendung der Methode erbaut. Diesbezügliche Untersuchungen sind noch im Gange [25, 26, 40, 57, 59, 61, 66, 67, 72, 75, 76, 84, 86, 94, 104, 106, 107, 114, 117].

In 1968 schied aus dem Institute der selbständige Lehrstuhl für Biophysik aus, dessen Mitarbeiter unter Leitung von Professor László SZALAY — auch weiter im Rahmen der Forschungsgruppe für Lumineszenz und Halbleiter der Ungarischen Akademie der Wissenschaften — in einer neuen Richtung zu arbeiten begannen. Diese auf die biophysikalischen Anwendungen der molekularen Lumineszenz bezüglichen Untersuchungen setzten sich als erstes Ziel die Erforschung der Lumineszenz und der photosynthetischen Eigenschaften des Chlorophylls. In verhältnismäßig kurzer Zeit bildete sich eine lebhafte Kooperation auf diesem Gebiete mit verschiedenen Forschungsgruppen Ungarns und des Auslandes aus, deren Resultate in zahlreichen, auch in Gemeinschaft mit ausländischen Autoren publizierten Arbeiten über die Zusammenhänge zwischen den Emissions- und Absorptionsspektren des Chlorophylls, über die Temperaturabhängigkeit dieser Spektren, über die Quantenausbeute der Fluoreszenz der Algen usw. erschienen [71, 73, 74, 77, 91, 92, 93, 100, 101, 102, 108, 110].

Als eine ebenfalls neue, doch mit dem Problemkreis der molekularen Lumineszenz eng verbundene Forschungsrichtung sind die vor etwa zwei Jahren begonnenen Laseruntersuchungen zu erwähnen. Professor BUDÓ konnte die ersten wissenschaftlichen Resultate auf diesem Gebiete infolge seines jähen Hinscheidens nicht mehr erleben. Die Leitung des Institutes und gleichzeitig der Forschungsgruppe der Akademie übernahm Professor István KETSKEMÉTY, der schon seit langer Zeit als unmittelbarer Mitarbeiter und Stellvertreter von Professor BUDÓ im Institute arbeitete. So verursachte die Änderung in der Leitung — so bedauerlich auch ihre Ursache war — keinen Bruch im Leben des Institutes und der Forschungsgruppe. Es bildeten sich neue in- und ausländische Verbindungen auch auf dem Gebiete der Laserforschungen aus, die sich die Erforschung der Zusammenhänge zwischen der Frequenz, der Schwellenenergie und anderer Parameter der induzierten Emission von Flüssigkeitslasern und den Lumineszenzcharakteristiken der betreffenden Lösungen, sowie die Überprüfung der diesbezüglichen Theorien bzw. deren Verfeinerung mit Hilfe der Versuchsergebnisse zum Ziel setzten [99, 112, 113].

Das Institut ist der Ungarischen Akademie der Wissenschaften für die finanzielle Unterstützung aller dieser Forschungen zu Dank verpflichtet. Diese Unterstützung trug zur Ermöglichung einer modernen Ausrüstung der Laboratorien und dadurch zur erfolgreichen Forschungsarbeit bedeutend bei. Die Resultate unserer, auch manchmal als „Szegeder Schule“ erwähnten Forschungsgruppe werden von verwandten Fachinstituten verfolgt und in Monographien oft zitiert.

Literatur

- [1] Ketskeméty, I.: Acta Phys. et Chem. Szeged **1**, 29 (1955).
- [2] Ketskeméty, I., L. Szalay: Acta Phys. Hung. **5**, 305 (1955).
- [3] Budó, A., J. Dombi, L. Szöllösy: Acta Phys. et Chem. Szeged **2**, 18 (1956).
- [4] Budó, A., I. Ketskeméty: J. Chem. Phys. **25**, 595 (1956).
- [5] Dombi, J., R. Horvai: Acta Phys. et Chem. Szeged **2**, 9 (1956).
- [6] Budó, A., J. Dombi, R. Horvai: Acta Phys. et Chem. Szeged **3**, 3 (1957).
- [7] Budó, A., I. Ketskeméty: Z. Naturforsch. **12a**, 673 (1957).
- [8] Budó, A., I. Ketskeméty: Acta Phys. Hung. **7**, 207 (1957).
- [9] Budó, A., I. Ketskeméty, E. Salkovits, L. Gargya: Acta Phys. Hung. **8**, 181 (1957).
- [10] Ketskeméty, I., L. Gargya, E. Salkovits: Acta Phys. et Chem. Szeged **3**, 16 (1957).
- [11] Budó, A., I. Ketskeméty: Acta Phys. et Chem. Szeged **4**, 86 (1958).
- [12] Faredin, I., B. Sárkány: Kisérl. Orvostud. **10**, 174 (1958).
- [13] Gáti, L., I. Ketskeméty, N. Marek, L. Szalay: Acta Phys. et Chem. Szeged **4**, 94 (1958).
- [14] Gáti, L., L. Szalay: Acta Phys. et Chem. Szeged **4**, 90 (1958).
- [15] Ketskeméty, I.: Acta Phys. et Chem. Szeged **4**, 18 (1958).
- [16] Ketskeméty, I., N. Marek, B. Sárkány: Acta Phys. et Chem. Szeged **4**, 21 (1958).
- [17] Dombi, J., J. Hevesi, R. Horvai: Acta Phys. et Chem. Szeged **5**, 20 (1959).
- [18] Faredin, I., B. Sárkány: Kisérl. Orvostud. **11**, 40 (1959).
- [19] Faredin, I., B. Sárkány: Kisérl. Orvostud. **11**, 113 (1959).
- [20] Gáti, L., L. Szalay: Acta Phys. et Chem. Szeged **5**, 87 (1959).
- [21] Ketskeméty, I.: Acta Phys. Hung. **10**, 429 (1959).
- [22] Ketskeméty, I., J. Dombi, R. Horvai: Acta Phys. Hung. **12**, 263 (1960).
- [23] Budó, A.: Magy. Fiz. Folyóirat **9**, 269 (1961).
- [24] Ketskeméty, I., J. Dombi, R. Horvai: Ann. Physik **8**, 342 (1961).
- [25] Ketskeméty, I., J. Dombi, R. Horvai, L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **7**, 17 (1961).
- [26] Ketskeméty, I., J. Dombi, J. Hevesi, R. Horvai, L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **7**, 88 (1961).
- [27] Budó, A., I. Ketskeméty: Acta Phys. Hung. **14**, 167 (1962).
- [28] Hevesi, J.: Acta Phys. et Chem. Szeged **8**, 16 (1962).
- [29] Hevesi, J., L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **8**, 103 (1962).
- [30] Ketskeméty, I.: Z. Naturforsch. **17a**, 666 (1962).
- [31] Ketskeméty, I.: Acta Phys. Hung. **15**, 77 (1962).
- [32] Ketskeméty, I., J. Dombi, R. Horvai: Acta Phys. Hung. **14**, 165 (1962).
- [33] Szalay, L., L. Gáti, B. Sárkány: Acta Phys. Hung. **14**, 217 (1962).
- [34] Szalay, L., B. Sárkány: Acta Phys. et Chem. Szeged **8**, 25 (1962).
- [35] Szöllösy, L.: Oldatok fotolumineszcenciájának idegen anyagokkal való kioltásáról (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, (1962).
- [36] Szöllösy, L.: Acta Phys. et Chem. Szeged **8**, 8 (1962).
- [37] Budó, A., L. Szalay: Z. Naturforsch. **18a**, 90 (1963).
- [38] Ketskeméty, I.: Az oldatok fluoreszcenciájának fizikai alapjai (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1963.
- [39] Kozma, L.: Acta Phys. et Chem. Szeged **9**, 59 (1963).
- [40] Budó, A., I. Ketskeméty: Acta Phys. Polon. **26**, 385 (1964).
- [41] Dombi, J., I. Ketskeméty, L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **10**, 15 (1964).
- [42] Kozma, L., J. Hevesi, R. Horvai: Acta Phys. et Chem. Szeged **10**, 79 (1964).
- [43] Kozma, L., L. Szalay, J. Hevesi: Acta Phys. et Chem. Szeged **10**, 67 (1964).

- [44] Szalay, L.: Vizsgálatok az oldatok fluoreszcenciájának polarizációjáról (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1964.
- [45] Szalay, L.: Acta Phys. Polon. **26**, 511 (1964).
- [46] Szalay, L.: Ann. Physik **14**, 221 (1964).
- [47] Szalay, L., L. Szöllösy: Acta Phys. et Chem. Szeged **10**, 3 (1964).
- [48] Szalay, L., E. Tombácz: Acta Phys. Hung **16**, 367 (1964).
- [49] Szalay, L.: Jahrbuch des Bundes der Ungarischen Naturwissenschaftlichen Vereine, Szeged, 1964. S. 111.
- [50] Dombi, J., I. Ketskeméty, L. Kozma: Opt. Spektrosk. **18**, 710 (1965).
- [51] Ketskeméty, I.: Z. Naturforsch. **20a**, 82 (1965).
- [52] Ketskeméty, I., L. Szalay, Z. Várkonyi: Acta Phys. et Chem. Szeged **11**, 15 (1965).
- [53] Kozma, L.: Acta Phys. et Chem. Szeged **11**, 29 (1965).
- [54] Szalay, L., J. Hevesi, L. Kozma: Magy. Fiz. Folyóirat **13**, 157 (1965).
- [55] Szalay, L., B. Sárkány, E. Tombácz: Acta Phys. et Chem. Szeged **11**, 21 (1965).
- [56] Szöllösy, L.: Z. Naturforsch. **20a**, 163 (1965).
- [57] Budó, A., I. Ketskeméty: Acta Phys. et Chem. Szeged **11**, 77 (1965).
- [58] Hevesi, J., I. Ketskeméty, L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **11**, 81 (1965).
- [59] Hevesi, J., L. Kozma: Opt. Spektrosk. **19**, 434 (1965).
- [60] Hevesi, J.: Viskózus festékkoldatok fotolumineszcenciájának kioltása idegen anyagokkal, különös tekintettel a diffúzió befolyására (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1965.
- [61] Budó, A., I. Ketskeméty: Proceedings of the International Conference on Luminescence Budapest, 1966 (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968) s. 245.
- [62] Hevesi, J., L. Kozma, L. Szalay: Acta Phys. Polon. **29**, 57 (1966).
- [63] Hevesi, J., L. Kozma: Acta Phys. Hung. **20**, 351 (1966).
- [64] Hevesi, J.: Acta Phys. et Chem. Szeged **12**, 3 (1966).
- [65] Ketskeméty, I., L. Kozma, J. Hevesi: Acta Phys. et Chem. Szeged **12**, 83 (1966).
- [66] Kozma, L., J. Hevesi: Opt. Spektrosk. **21**, 650 (1966).
- [67] Kozma, L., J. Hevesi: Proceedings of the International Conference on Luminescence Budapest, 1966 (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968) S. 250.
- [68] Szalay, L., L. Kozma: Acta Phys. Hung. **20**, 389 (1966).
- [69] Tombácz, E., L. Vize, L. Szalay: Proceedings of the International Conference on Luminescence Budapest, 1966 (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968) s. 285.
- [70] Bálint, E.: Kis viszkózus festékkoldatok fotolumineszcenciájának kioltása szerves és szervetlen kioltó anyagokkal (Promotionsschrift), Szeged, 1967.
- [71] Das, M., E. Rabinowitch, L. Szalay, G. Papageorgiu: J. Phys. Chem. **71**, 3543 (1967).
- [72] Horvai, R.: Vizsgálatok a lumineszkáló oldatok hatásfokával kapcsolatosan, különös tekintettel a hatásfoknak a gerjesztő fény hullámhosszától való függésére (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1967.
- [73] Szalay, L., E. Rabinowitch, N. R. Murty, Govindjee: Biophys. J. **7**, 137 (1967).
- [74] Szalay, L., M. Török, Govindjee: Acta Biochim. Biophys. **2**, 425 (1967).
- [75] Kozma, L.: Acta Phys. et Chem. Szeged **13**, 21 (1967).
- [76] Török, M.: A lumineszkáló oldatok valódi spektrális hatásfokára vonatkozó újabb vizsgálatok (Promotionsschrift), Szeged, 1967.
- [77] Rabinowitch, E., L. Szalay, M. Das, N. R. Murty, C. N. Cederstrand, Govindjee: Energy Conversion by the Photosynthetic Apparatus, Brookhaven Symposia in Biology **19**, 1 (1966).
- [78] Gáti, L., I. Szalma: Acta Phys. et Chem. Szeged **14**, 3 (1968).
- [79] Vize, L.: Acta Phys. et Chem. Szeged **14**, 13 (1968).
- [80] Bálint, E., J. Hevesi: Acta Phys. et Chem. Szeged **14**, 77 (1968).
- [81] Ketskeméty, I., L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged **14**, 75 (1968).
- [82] Singhal, G. S., J. Hevesi, E. Rabinowitch: J. Chem. Phys. **49**, 5206 (1968).
- [83] Várkonyi, Z.: Az elektrongerjesztési energia vándorlásának vizsgálata viszkózus keverékkoldatokban (Promotionsschrift), Szeged, 1968.
- [84] Kozma, L.: Vizsgálatok az anti-stokesi fluoreszcenciára vonatkozóan (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1969.
- [85] Gáti, L.: Fluoreszkáló oldatok csillapodási idejének vizsgálata, különös tekintettel a csillapodási idő és a többi fluoreszcencia-jellemzők közötti kapcsolatokra (Dissertation

- zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1969.
- [86] *Farkas, É.*: Vizsgálatok fluoreszkáló oldatok abszorpció és emissziós szinképeinek a hatásfok-függvénnyel való kapcsolatáról, különös tekintettel a hatásfok felső korlátjának kérdésére (Promotionsschrift), Szeged, 1968.
- [87] *Szalma, J.*: Szerves festékekoldatok fotolumineszcenciájának csillapodási idejéről (Promotionsschrift), Szeged, 1968.
- [88] *Dombi, J.*: Lumineszkáló keverékoldatokban lejátszódó energiaátadási folyamatokról (Dissertation zur Erlangung des Grades eines Kandidaten der physikalischen Wissenschaften), Szeged, 1968.
- [89] *Dombi, J.*: Acta Phys. Hung. 25, 287 (1968).
- [90] *Kozma, L., E. Tombácz*: Bot. Közl. 55, 89 (1968).
- [91] *Das, M., E. Rabinowitch, L. Szalay*: Biophys. J. 8, 1131 (1968).
- [92] *Szalay, L.*: Acta Biochim. Biophys. 3, 450 (1968).
- [93] *Rafaat, A., J. Gausz, L. Szalay, I. Horváth*: Acta Biochim. Biophys. 3, 453 (1968).
- [94] *Budó, A.*: Proceedings of the International Conference on Luminescence Budapest, 1966 (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968) s. 146.
- [95] *Gáti, L.*: Acta Phys. et Chem. Szeged 15, 5 (1969).
- [96] *Várkonyi, Z.*: Acta Phys. et Chem. Szeged 15, 19 (1969).
- [97] *Vize, L.*: Acta Phys. et Chem. Szeged 15, 27 (1969).
- [98] *Dombi, J.*: Acta Phys. Hung. 29, 297 (1970).
- [99] *Dombi, J., L. Gáti, I. Ketskémty, I. Szalma, L. Vize*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 3 (1970).
- [100] *Hevesi, J., G. S. Singhal*: Acta Biochim. Biophys. 3, 454 (1968).
- [101] *Hevesi, J., G. S. Singhal*: Spectrochim. Acta, 25A, 1751 (1969).
- [102] *Hevesi, J.*: Proceedings of the International Conference on Molecular Luminescence Chicago 1968. „Molecular Luminescence” (W. A. Benjamin, Inc. New York, Amsterdam, 1969). p. 167.
- [103] *Hevesi, J., E. Lehoczky, E. Bálint*: Sh. Priklad. Spektrosk. 13, 458 (1970).
- [104] *Hevesi, J., L. Kozma*: Opt. Spektrosk. (im Erscheinen).
- [105] *Ketskémty, I., L. Szalay*: Invest. Akad. Nauk. SSSR. Ser. fis. 34, 539 (1970).
- [106] *Ketskémty, I., L. Kozma*: Isvest. Akad. Nauk. SSSR. Ser. fis. 34, 536 (1970).
- [107] *Ketskémty, I., L. Kozma, É. Farkas*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 7 (1970).
- [108] *Ketskémty, I., L. Kozma*: Acta Phys. Hung. 29, 331 (1970).
- [109] *Singhal, G. S., J. Hevesi, V. Srinivasan, E. Rabinowitch*: Photochem. Photobiology 11, 531 (1970).
- [110] *Szalay, L., Z. Várkonyi*: Acta Phys. Hung. 29, 221 (1970).
- [111] *Szalay, L., E. Tombácz, E. Bálint, I. Horváth, Gy. Schneider*: Acta Biol. Szeged 15, 51 (1969).
- [112] *Ketskémty, I., I. Szalma, L. Kozma, B. Rácz*: Z. Naturforsch. 25a, 1512 (1970).
- [113] *Ketskémty, I., L. Kozma, I. Szalma, B. Rácz, E. Huhn*: Sh. Priklad. Spektrosk. (im Erscheinen).
- [114] *Ketskémty, I., É. Farkas*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 77 (1970).
- [115] *Szalay, L.*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 81 (1970).
- [116] *Szalay, L., L. Vize*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 89 (1970).
- [117] *Kozma, L., É. Farkas, M. Fekete*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 97 (1970).
- [118] *Szőllősy, L., T. Szőrényi*: Acta Phys. et Chem. Szeged 16, 101 (1970).

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ СЕГЕДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Й. Домби

В работе дается обзор об исследованиях института экспериментальной физики Сегедского университета в области молекулярной люминесценции. В списке литературы перечислены работы связанные данной темой.